

# AEMET, prestador de servicios meteorológicos aeronáuticos



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

*Foro de Usuarios Aeronáuticos 2014*

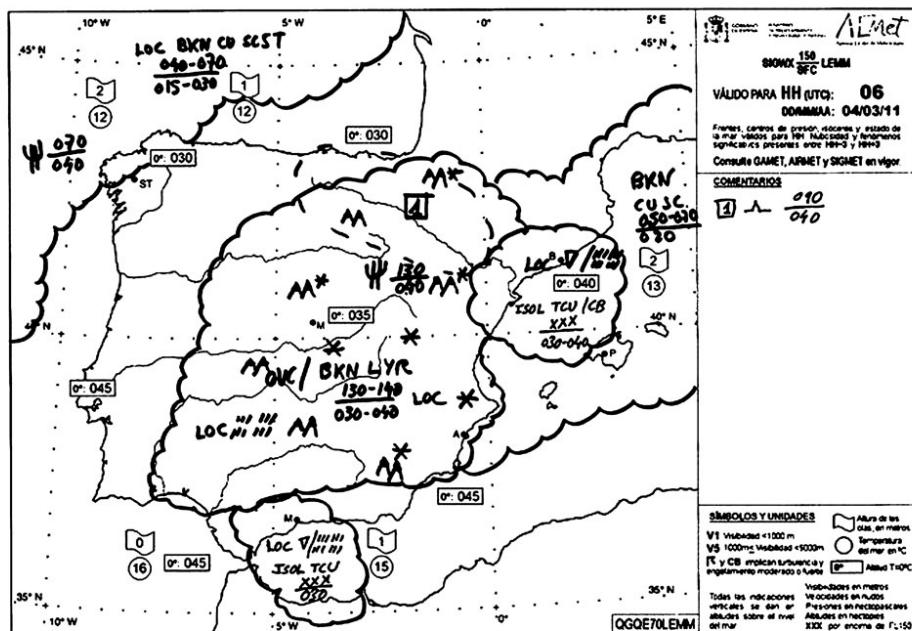
*9 diciembre 2014*

# Valor de los servicios meteorológicos para la aviación

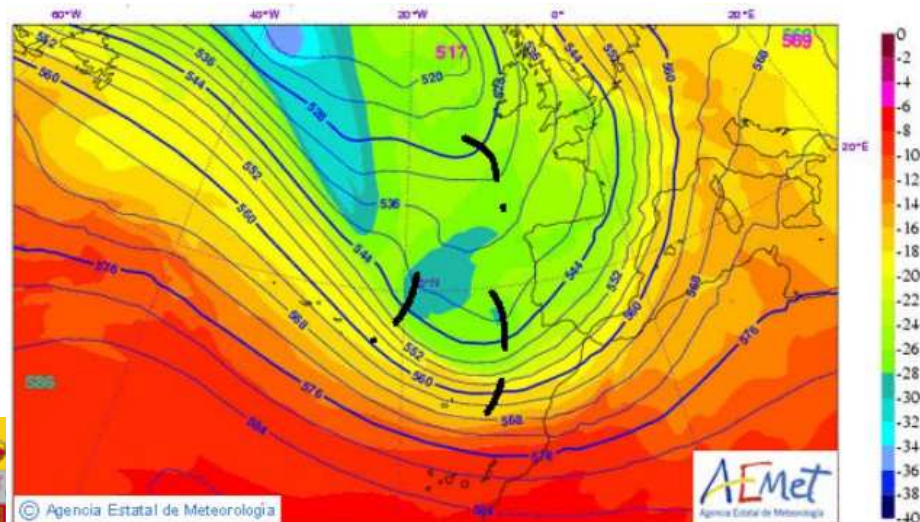
- La situación meteorológica es **la principal fuente de incertidumbre** en la planificación del vuelo y de perturbación en su ejecución.
- La meteorología es el **principal contribuyente de los retrasos**, incidentes de seguridad en el vuelo y costes extras para los usuarios del espacio aéreo.



# Valor de los servicios meteorológicos para la aviación



© AEMET. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización expresa por escrito de la Agencia Estatal de Meteorología.



TAF LEVT 201700Z 2018/2118 30010KT 2600 -SN  
BKN020

TEMPO 2022/2111 0400 +SN  
BECMG 2112/2114 CAVOK=

TAF LEBG 240600Z 2406/2506 07003KT 9999 SCT003  
BECMG 2419/2421 1500 SN OVC006  
TEMPO 2423/2506 0400 +SN OVC003=

GAMET LECM GAMET VALID 210900/211500 LEMM-  
MADRID FIR SUBZONA NORTE BLW FL150

## SECN I

SIGWX : ISOL TS NW SUBZONA  
MT OBSC: MT GALICIA, MONTES DE LEON, CORDILLERA CANTABRIA  
SISTEMA CENTRAL AND LOC PIRINEOS  
SIG CLD: ISOL CB 025-050/ABV150 HFT AMSL NW SUBZONA  
ICE : MOD 080/120 HFT AMSL  
MTW : MOD E MONTES DE LEON, NE CORDILLERA CANTABRICA,  
AND SALAMANCA

## SECN II

PSYS: 12 L 1005 HPA N45 W008 MOV S SLW NC  
12 COLD FRONT N36 W010-N45 W002 MOV SE 15 KT NC  
12 OCCLUDED FRONT N45 W006-N42 W010  
CLD: BKN/OVC Lyr 030-050/ABV150 HFT AMSL  
BKN/OVC Lyr 030-050/ABV150 HFT AMSL NW SUBZONA



# ¿Cómo se elaboran los servicios meteorológicos?

```
graph LR; A[Observaciones] --> B[Análisis y asimilación de datos]; B --> C[Modelos numéricos]; C --> D[Interpretación y control de calidad por personal experto]; D --> E[Elaboración y difusión de productos]; E --> F[Usuarios finales];
```

**Observaciones**

**Análisis y asimilación de datos**

**Modelos numéricos**

**Interpretación y control de calidad por personal experto**

**Elaboración y difusión de productos**

**Usuarios finales**

2014

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

4

# La atmósfera es un sistema caótico

- **Está en continuo movimiento**  
→ el tiempo de un lugar mañana depende del que hace hoy en las inmediaciones.
- **No tiene fronteras → no se puede estudiar por partes. Se necesita el conocimiento global.**



**Es imprescindible la cooperación internacional**  
→ en meteorología, ningún país puede hacerlo por sí solo.



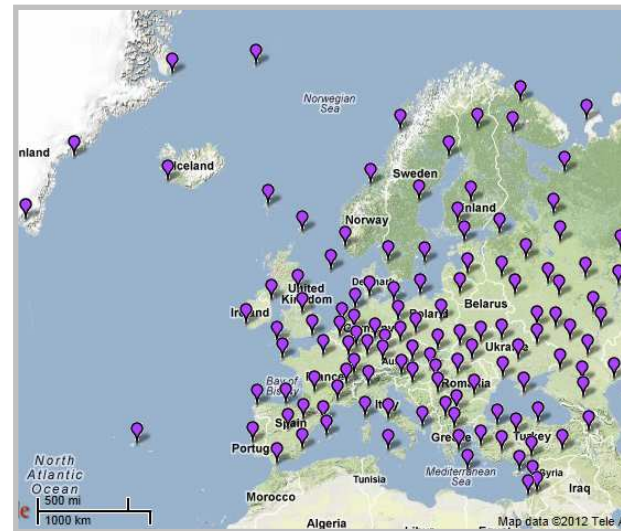
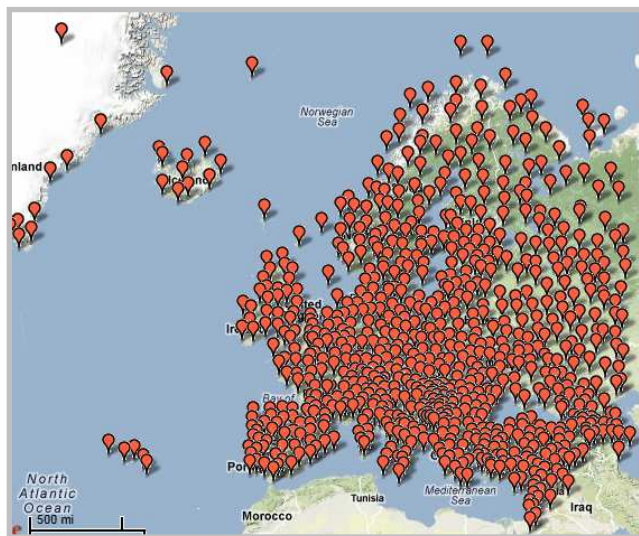
# Redes de observación meteorológica



Red de superficie



Red de altura



Coordinadas y normalizadas por la Organización Meteorológica Mundial.



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

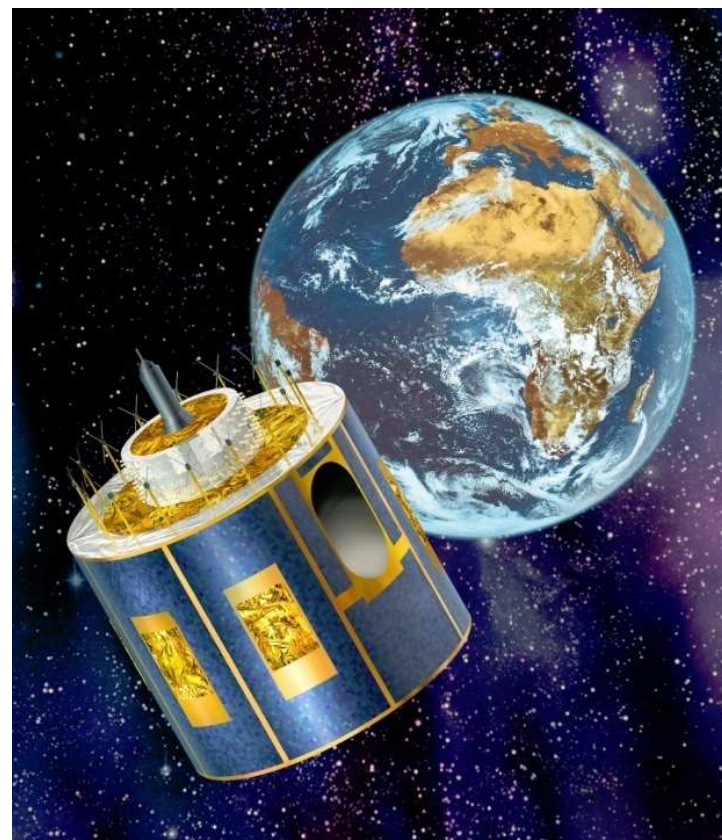
Foro de Usuarios Aeronáuticos 2014

9 diciembre 2014

# Los satélites introducen un nuevo punto de observación

En 1983 se crea **EUMETSAT**, organización de 29 países, cuya finalidad es la gestión y explotación de los sistemas europeos de satélites meteorológicos.

- METEOSAT (geoestacionario):
  - ✓ En 1977, Meteosat-1: 7 satélites.
  - ✓ En 2002, se lanza el MSG (METEOSAT-8), 3 satélites, hasta 2015 (1.350 M€).
  - ✓ En 2016, se lanzará el MTG, 4 satélites de imágenes y 2 sondeadores, hasta el 2037 (2.470 M€).
- METOP (polar):
  - ✓ En 2006, se lanza el METOP-A, 3 satélites, hasta el 2021 (2.400 M€).



MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**AEMet**  
Agencia Estatal de Meteorología

Foro de Usuarios Ae



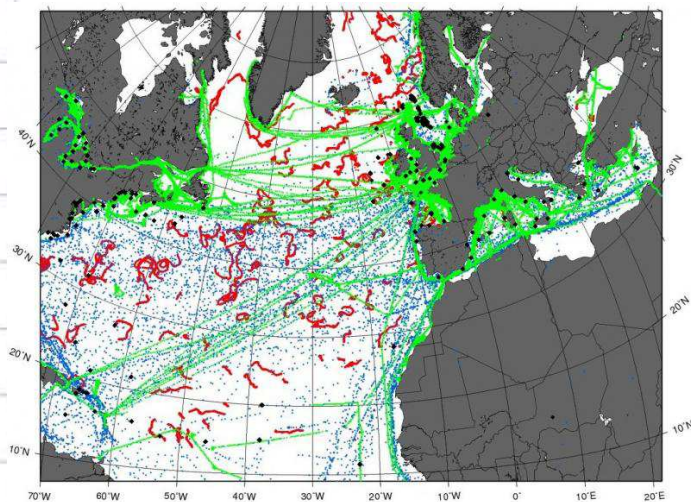
**EUMETSAT**



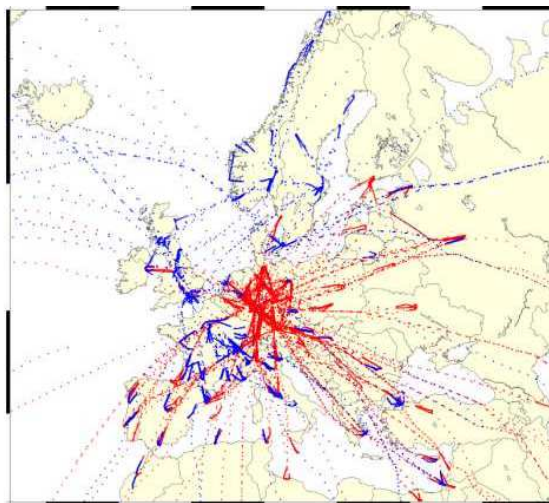
**EUMETNET: agrupación de 31 Servicios Meteorológicos Europeos, que organiza programas de cooperación.**



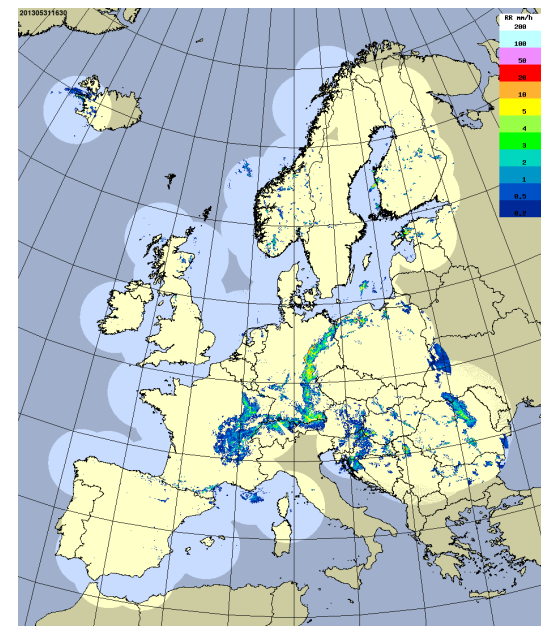
**El más importante es el programa EUCOS para mejorar y optimizar las redes de observación.**



**Programa E-SURFMAR**



**Programa E-ASAP**

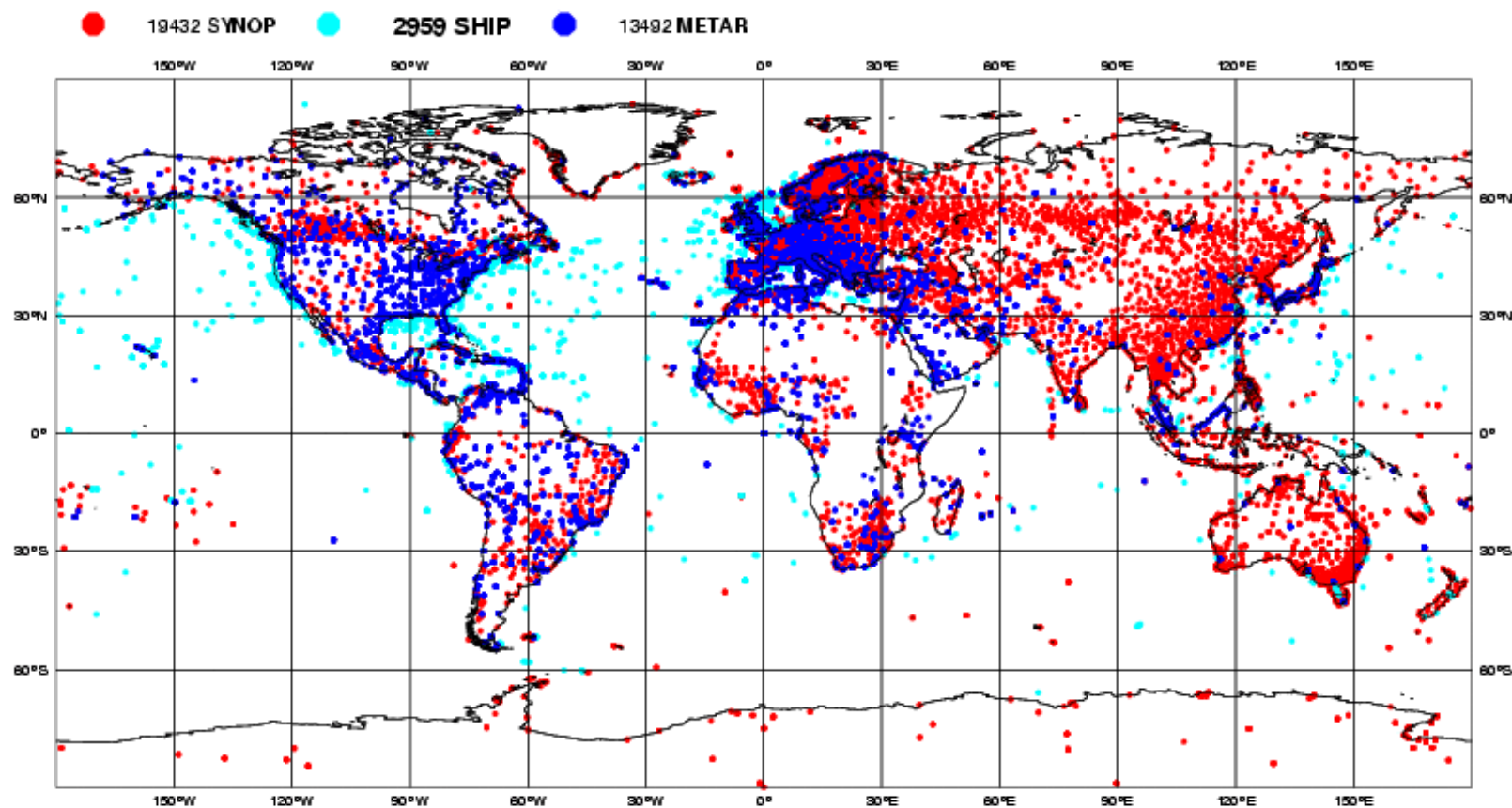


**Programa OPERA**



# Cobertura de datos de estaciones de superficie y barcos

12/Mar/2012; 12 UTC  
Total number of obs = 35883



CECMWF



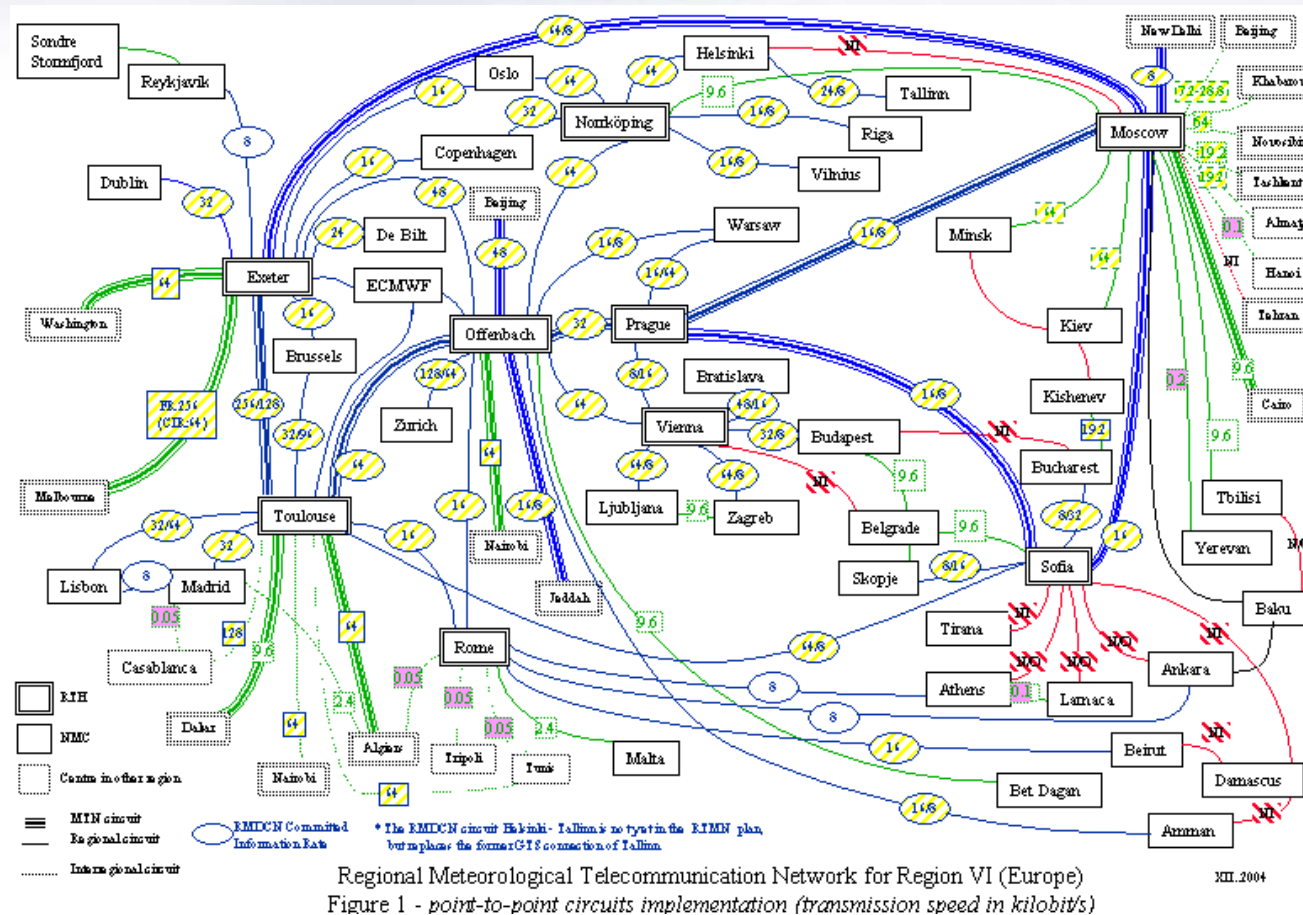
MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

Aemet  
Agencia Estatal de Meteorología

Foro de Usuarios Aeronáuticos 2014

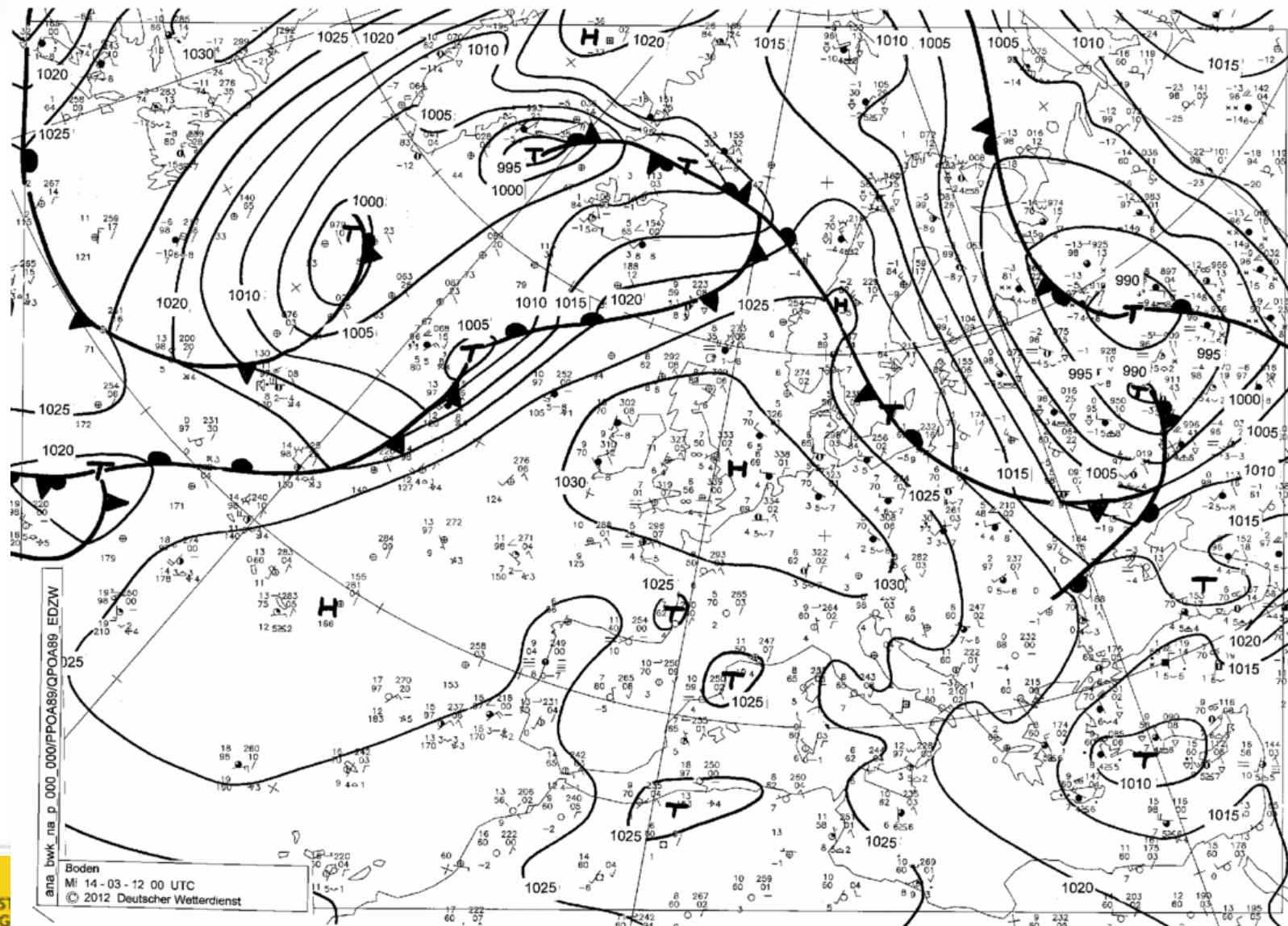
9 diciembre 2014

**Los datos se transmiten a todo el mundo en tiempo real...**





# Con los datos de observación se obtiene el análisis de la situación atmosférica en un momento determinado



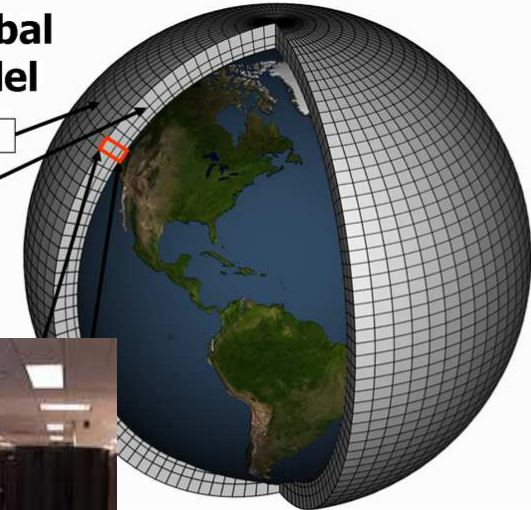
# La predicción se realiza mediante modelos numéricos

- Son un **conjunto de ecuaciones** que simulan las leyes físicas que gobiernan los movimientos atmosféricos.
- Se resuelven en los **nodos de una rejilla** tridimensional.
- El volumen de datos es tan grande que se necesitan **grandes superordenadores.**

## Schematic for Global Atmospheric Model

Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

Vertical Grid (Height or Pressure)



## "Primitive" Weather Forecasting Equations!

$p = \rho R T$  Ideal Gas Law (Equation of State)

$$\vec{a}_h = \sum \left( \frac{\vec{F}_h}{m} \right) \text{ Newton's Second Law of Motion}$$

$$\Delta p = -\rho g \Delta z$$

$$\vec{a}_v = \sum \left( \frac{\vec{F}_v}{m} \right) = (\vec{P} \vec{G} \vec{A})_v - \vec{g}$$

Hydrostatic Law (Obtained from the Equation of Vertical Motion)

$$\Delta T = \Delta q / c_p + (1/\rho) \Delta p \text{ First Law of Thermodynamics}$$

$$(1/\rho) \Delta \rho / \Delta t = -\text{DIV}$$

Conservation of Mass Applied to the Atmosphere (Equation of Continuity)

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \left( \frac{\partial T}{\partial p} + \frac{RT}{pc_p} \right) = \frac{J}{c_p}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial p} = 0 \quad 0 = -\frac{\partial \phi}{\partial p} - \frac{RT}{p}$$

Zonal wind:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \eta v - \frac{\partial \Phi}{\partial x} - c_p \theta \frac{\partial \pi}{\partial x} - z \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{\partial (u^2 + v^2)}{\partial x}$$

Meridional wind:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\eta u - \frac{\partial \Phi}{\partial y} - c_p \theta \frac{\partial \pi}{\partial y} - z \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{\partial (u^2 + v^2)}{\partial y}$$

Temperature:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial T}{\partial x} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z}$$

Precipitable water:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = u \frac{\partial W}{\partial x} + v \frac{\partial W}{\partial y} + w \frac{\partial W}{\partial z}$$

Pressure thickness:

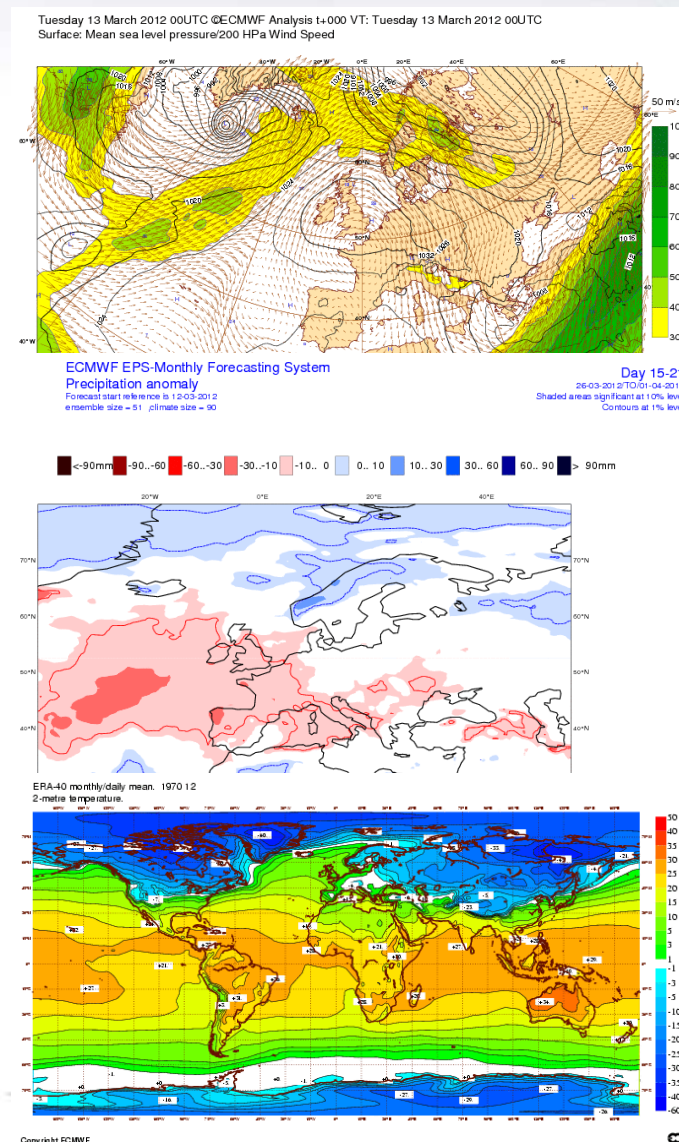
$$\frac{\partial \partial p}{\partial t \partial \sigma} = u \frac{\partial \partial p}{\partial x \partial \sigma} + v \frac{\partial \partial p}{\partial y \partial \sigma} + w \frac{\partial \partial p}{\partial z \partial \sigma}$$



# El modelo global mejor de mundo es el del CEPPM-ECMWF



- El **CEPPM** es un organización de 34 países, cuya finalidad es el desarrollo y operación de modelos numéricos de predicción globales.
- Se crea en 1973 y proporciona a sus miembros **predicciones meteorológicas y marítimas a medio y largo plazo**, de ámbito global.



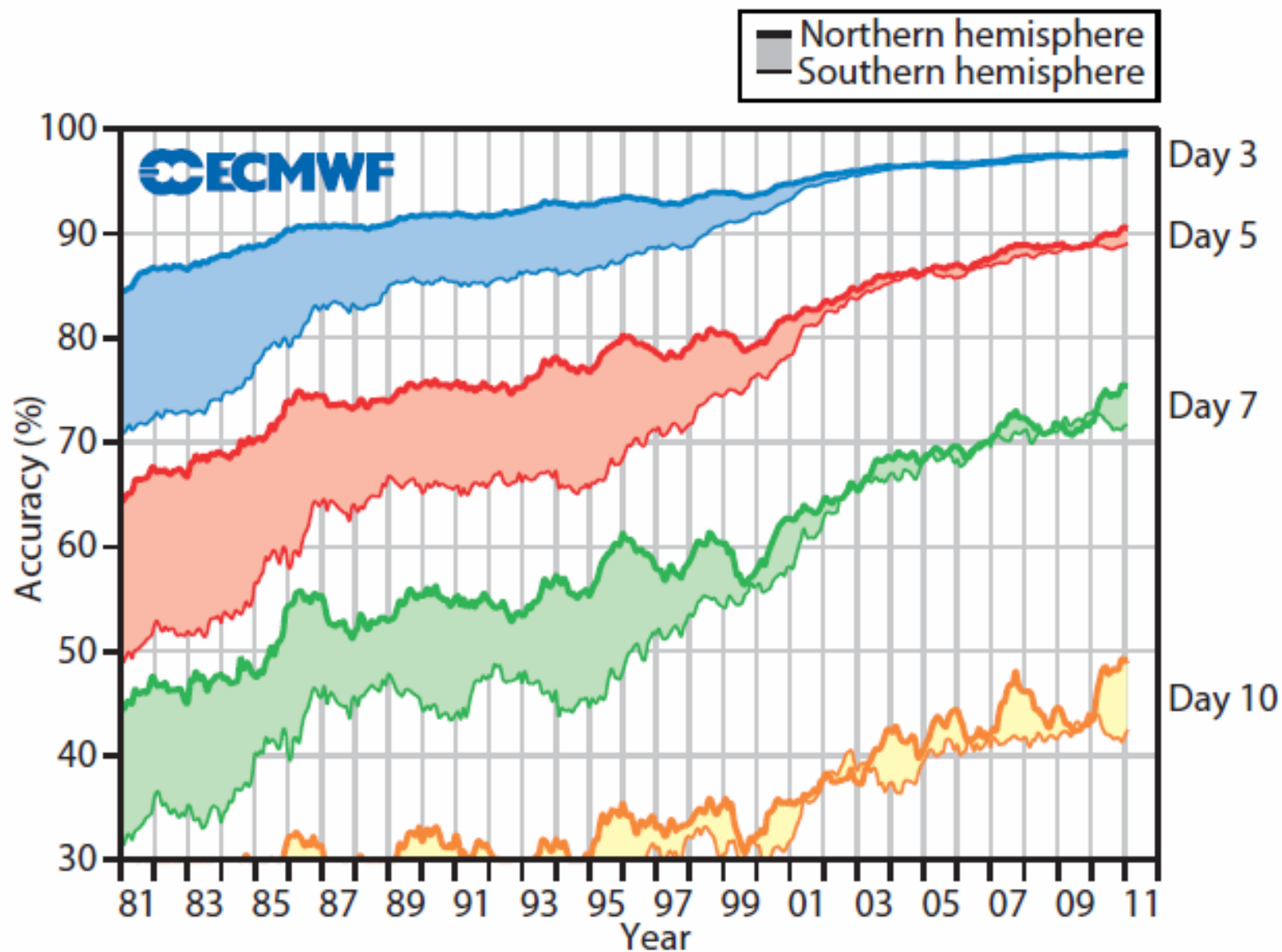
MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

AEMet  
Agencia Estatal de Meteorología

Foro de Usuarios Aeronáuticos 2014

9 diciembre 2014

En los últimos 15 años ha mejorado la fiabilidad de los modelos



nbre 2014



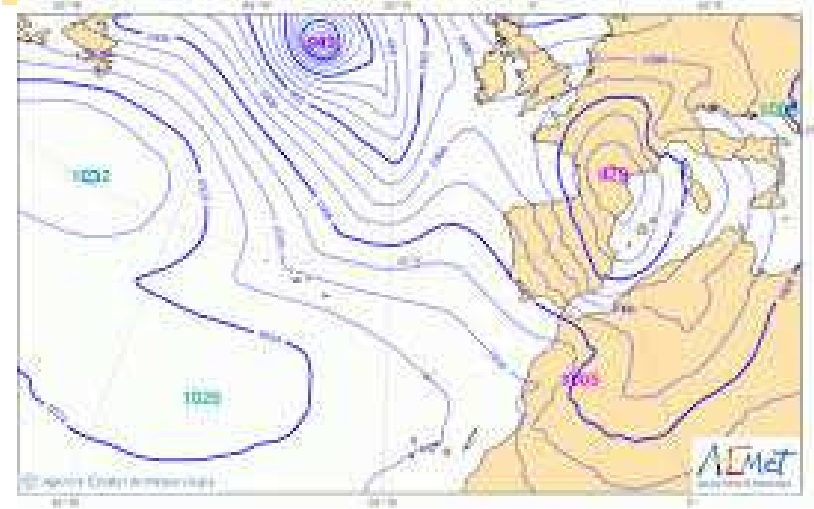
MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACION  
Y MEDIO AMBIENTE

Agencia Estatal de Meteorología



**En el modelo global se anidan modelos de área limitada (LAM)**

- AEMET utiliza el **modelo HIRLAM** con resolución de hasta 2 km.
- **HIRLAM** es una agrupación de SMN europeos para el desarrollo de modelos numéricos de alta resolución.



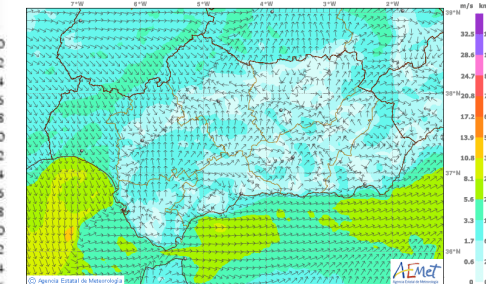
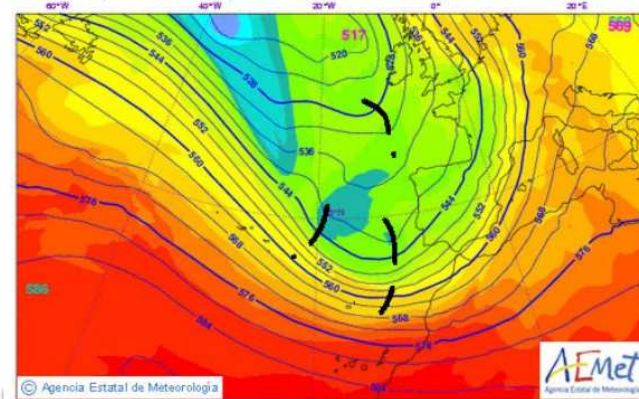
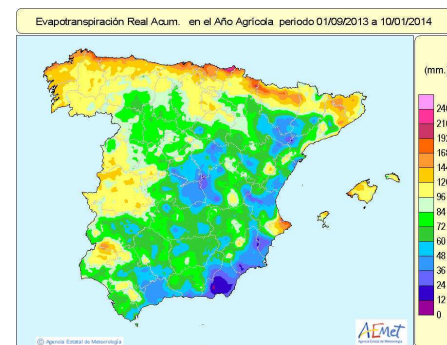
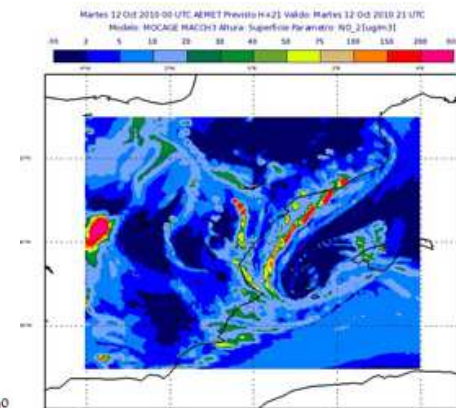
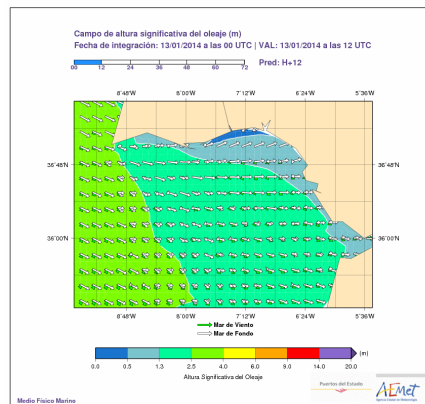
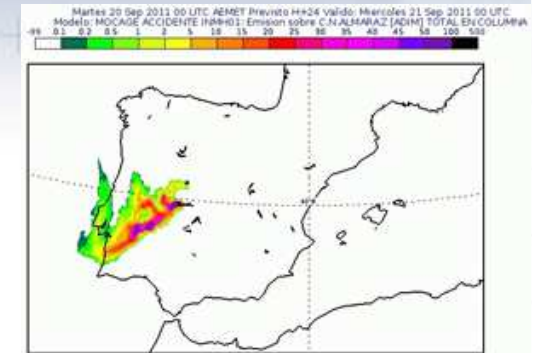
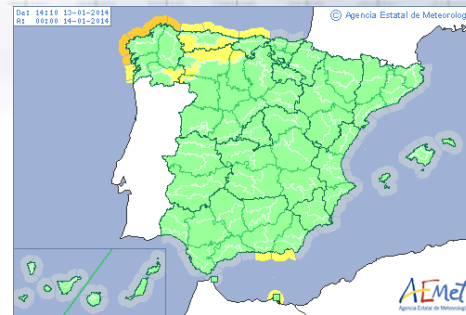
# El equipo de predictores...

- **Evalúa e interpreta las salidas de los modelos numéricos**, utilizando herramientas de diagnóstico para comprender los procesos atmosféricos y su evolución.
- **Elabora el modelo conceptual**, comprueba si las predicciones de los modelos son adecuadas, diseñando escenarios alternativos.
- **Elabora los productos específicos para los diferentes usuarios.**





# Productos específicos para todos los sectores



# Valor de los servicios meteorológicos para la aviación

- El 70% de los **costes totales debidos a demoras** son de origen meteorológico (FAA US).
- Es posible **reducir los costes en los retrasos debidos a la meteorología en un 66% invirtiendo en mejores servicios MET y en su integración dentro del ATM** (FAA US).





# El futuro es la cooperación entre SMN

- La meteorología está construida sobre la cooperación internacional y el libre intercambio de conocimiento, resultados científicos y mejores prácticas.
- Un nuevo modelo: la información meteorológica integrada en los sistemas de decisión ATM, que requiere nuevas tecnologías y desarrollos.
- Los actuales mecanismos de cooperación europeos y mundiales entre Servicios Meteorológicos facilitan la viabilidad de la implantación del nuevo sistema de forma armonizada y sincronizada.



# Conclusión

- La provisión de servicios meteorológicos a la navegación aérea se realiza por parte de AEMET de forma eficiente.
- La participación de AEMET en los organismos meteorológicos internacionales la sitúa en una buena posición para afrontar los retos futuros.

